·述评与专论·

# 智能机器人在基层慢性病管理中的研究进展

张璇，张飞，李铭麟，王佳贺*

110000 辽宁省沈阳市，中国医科大学附属盛京医院全科医学科
*通信作者：王佳贺，教授/主任医师/博士生导师；E-mail：wangjhcmusj@163.com

【摘要】 全球慢性病发病率不断上升，给社会的发展和个人健康带来重大挑战。管理慢性病需要长期治疗和监测，对患者的生活方式提出了一定要求。随着人口老龄化和人们生活方式的改变，慢性病防控正变得越发重要。近年来，随着医疗卫生领域科技创新向纵深发展，借助人工智能的智能机器人在医疗领域的应用也逐渐成为国家重要战略方向之一，传统的慢性病管理方法过于依赖于医生和患者之间的线下交流，导致医生无法与患者保持长期有效的沟通和随访，患者病情出现变化时医生可能无法及时发现和监测。此外，传统的慢性病管理方法通常是一种通用化的方法，无法充分考量到每个患者的个体差异。鉴于传统慢性病管理方法的局限性，本研究旨在利用智能机器人提供更便捷高效的基层服务。本文认为，通过个性化健康管理方案、辅助医疗诊断、定时提醒服药等功能，使智能机器人能够致力于改善患者生活质量、减轻医疗资源压力，从而推动全球智能化医疗管理的发展。

【关键词】 智能机器人；初级保健；慢性病；健康管理；人工智能；健康大数据
【中图分类号】 R-05 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0811

## Research Progress of Intelligent Robots in Grassroots Chronic Disease Management

*ZHANG Xuan*，*ZHANG Fei*，*LI Minglin*，*WANG Jiahe**
*General medicine*，*Department of Family Medicine*，*Shengjing Hospital of China Medical University*，*Shenyang 110000*，*China*
**Corresponding author*：*WANG jiahe*，*Professor*，*Chief Physician*，*Medical Doctor*，*Doctoral Supervisor*；*E-mail*：*wangjhcmusj@163.com*

【Abstract】 The increasing prevalence of chronic diseases globally poses major challenges to the health of societies and individuals. Managing chronic diseases requires long-term treatment and monitoring，placing demands on patients′ lifestyles. With the aging of the population and changes in lifestyle，chronic disease prevention and control are becoming more and more important. In recent years，as scientific and technological innovation in the field of healthcare develops in depth，and the application of artificial intelligence in healthcare has gradually become one of the important strategic directions of the country，the traditional method of chronic disease management relies too much on the offline communication between the doctor and the patient，which leads to the doctor not being able to maintain long-term and effective communication and follow up with the patient，and the patient may not be able to be detected and monitored by the doctor in a timely manner when his or her condition changes. In addition，the traditional chronic disease management approach is usually a generalized approach that fails to adequately consider the individual differences of each patient. Given the limitations of traditional chronic disease management methods，this study aims to provide more convenient and efficient primary care services using intelligent robots. Through personalized health management plans，assisted medical diagnosis，and timed medication reminders，the intelligent robot is committed to improving patients′ quality of life，reducing the pressure on healthcare resources，and promoting the development of intelligent healthcare management globally.

【Key words】 Intelligent robots；Primary care；Chronic disease；Health management；Artificial intelligence；Health big data

基金项目：2022年度中国医科大学第二临床学院"十四五"第一批医学教育科学研究课题（SJKF-2022ZD04）
引用本文：张璇，张飞，李铭麟，等. 智能机器人在基层慢性病管理中的研究进展［J］. 中国全科医学，2024.［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0811.［www.chinagp.net］
ZHANG X，ZHANG F，LI M L，et al. Research progress of intelligent robots in grassroots chronic disease management.［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.

我国慢性病患病率逐年上升，防治形势日益严峻。研究表明 2020 年以前中国因慢性病导致的患者死亡数占总死亡数的 88.5%，高血压、糖尿病及恶性肿瘤等慢性病已取代传染性疾病成为导致我国人口死亡率升高的主要因素之一，给社会经济和人民健康造成了巨大的负面影响，基层医护人员诊疗的压力与日俱增[1-2]。为加强慢性病防治工作，降低疾病负担，提高居民健康期望寿命，2017 年中华人民共和国国务院发布了《中国防治慢性病中长期规划（2017—2025 年）》[3]，强调了慢性病管理的重要性，建议优先将慢性病患者纳入社区医生签约服务范围内。

现今人工智能的快速发展引发了人们的广泛关注，医疗科技的不断创新促使医学界掀起了人工智能的研究热潮[4]。研究者们在基于深度学习的大规模预训练模型与医学诊断[5]、风险预测[6]、药物实验[7]结合方面的研究已取得了显著进展，智能机器人是其中一项重要成果。本文旨在通过查询既往文献，探索如何将智能机器人更好地运用于基层慢性病管理，为患者提供更方便、更快捷的管理服务，改善患有长期疾病的人们的生活质量，减轻基层医疗资源的负担，提高慢性病管理的效果，促进慢性病健康管理的智能化。

本文文献检索策略：以“智能机器人”“基层”“慢性病”“健康管理”“人工智能”“健康大数据”为中文关键词，检索中国知网、万方数据知识服务平台、维普网等中文数据库；以“Intelligent robots”“Chronic disease”“health management”“Artificial intelligence”“health big data”为英文关键词，检索 PubMed、Web of Science；检索时间为建库至 2023 年 11 月。纳入标准：（1）智能机器人在健康教育和健康宣教中的研究进展；（2）智能机器人在远程医疗支持中的研究进展；（3）智能机器人在社交支持与心理疏导中的研究进展；（4）智能机器人在日常看护辅助中的研究进展；（5）智能机器人在数据分析和预测中的研究进展；（6）智能机器人在诊断辅助中的研究进展；（7）智能机器人在危险因素干预中的研究进展；（8）智能机器人在个性化健康管理中的研究进展。排除标准：重复及与主题不相关的文献。根据纳入与排除标准，最终纳入相关文献 69 篇。

## 1 智能机器人发展概述

智能机器人是一种结合了人工智能和自主学习能力的科技产品，能够模拟并执行人类的认知和行为，与人类互动并完成指定任务。人工智能和互联网 +、大数据以及 5G 技术等的深度融合，使智能机器人通过强大的计算能力逐渐具备了更多的感知和决策认知能力，变得更加灵活、灵巧和通用，开始拥有更强的环境适应能力和自主能力，以适应更加复杂多变的应用场景[8]。2021 年 12 月我国发布了《“十四五”机器人产业发展规划》[9]，该规划明确了当前机器人产业规划的蓝图，并提出了新的发展目标，进一步推动中国机器人产业迈向新的高峰。目前常见的智能机器人主要分为两大类：家用服务机器人专门设计用于提供服务和教育帮助；医疗机器人则包括手术机器人、康复机器人、医护辅助机器人和后勤机器人等，可以在医疗领域完成一系列任务，如手术、康复和药物配送[10]。

相对于传统医疗手段，医疗智能机器人具有受主观因素影响较小、诊断效能较高、相对可重复操作并受环境条件和疲劳程度影响较小等特点。智能机器人结合人工智能技术，可以使基层慢性病管理更加智能和个性化。许多学者正在探索如何借助科技来管理基层慢性病，以构建一个涵盖慢性病防控、诊疗、恢复和健康管理的新型全面健康服务体系。

## 2 基层慢性病管理的问题与现状

慢性病管理指对长期存在且难以彻底治愈的一些疾病，如糖尿病（内分泌系统的疾病）、高血压（心脑血管系统的疾病）、心脏病及慢性阻塞性肺疾病（呼吸系统的疾病）等的治疗。基层慢性病的管理对于减轻患者医疗负担非常关键，据估计在需要医疗服务的患者当中，只有约 10% 的病人需要专科医生给予相关治疗，80%~90% 患者的健康问题可由社区卫生服务工作人员（包括社区健康管理师和受过训练的全科医生）协助解决，但其也存在诸多不足之处[11]。

传统的慢性病管理主要依赖于医生与患者的线下交流，然而由于我国基层患者数量众多且医疗资源有限，医生难以与所有患者均保持长期有效的沟通和随访[12]；此外，我国基层卫生服务中心在实施慢性病管理方面存在管理形式单一、措施落后等问题，且较为缺乏健康信息的规范化管理经验[13]。慢性病管理工作的顺利进行需要足够的经费支持[14-15]，但基层医疗机构在深入开展慢性病管理工作方面，面临着经费不足、专项经费配置不足以及资金管理缺乏等问题，这些问题成为阻碍各地深入开展慢性病管理工作的重要原因。目前我国虽然针对上述问题出台了多项政策，但仍需进一步完善[16]。

施建华等[17]的研究表明，社区医院面临着一系列诸如医护人员短缺、教育程度低、临床经验有限、技术水平和服务能力有待提升及全科医生知识更新不及时等问题[18]。居民对社区卫生服务中心医疗水平的不信任也导致社区居民首诊率降低。同时因为基层医疗机构人员配备不足，还需关注患者在建立健康档案后相应的随访是否全面真实[19]。除此之外，传统的慢性病管理方法存在医患信息不对称的问题——即是说，患者通常只

能在就医时才能得到医生的指导和建议，而在两次就医的间隔里，患者只能依靠自己和家人来管理和控制自身疾病，易导致疾病管理的连续性和稳定性不足。总的来说，目前基层慢性病管理还存在许多限制或不足，需要引入新的方法和技术来加以弥补。

人工智能、5G、“互联网 +”等技术的不断发展，使得智能机器人在基层慢性病管理方面的应用范围越发广泛。智能机器人能够利用传感器监测患者状况，根据事先设定的算法和规则提供护理服务，减轻医护人员的负担，同时为患者带来更便捷、舒适的护理体验。譬如智能药盒（一种药物管理系统）不仅能够提醒患者按时用药、计算剩余药量，还可以通过物理辅助方式帮助患者康复[20]。现如今智能机器人的应用范围已经扩展至慢性病管理领域，其能通过与语音智能外呼系统合并，帮助患者提高自我疾病管理能力，减轻医护人员的工作负担，提升患者日常生活质量。技术的创新为慢性病管理带来了诸多便利，给慢性病患者的健康管理和医疗服务带来了更多可能[21]。

## 3 智能机器人在基层慢性病管理中的应用

### 3.1 健康教育和健康宣教

中共中央、国务院于 2016 年 10 月颁布的《“健康中国 2030”规划纲要》[22]强调了普及健康生活方式、加强健康教育的重要性，突出了家庭和高危个体在疾病中的角色，并将健康教育纳入了教育体系。健康教育在慢性病管理中扮演着重要角色，能够提高病人对疾病的认知并培养相应的健康管理能力。我国基层卫生人力资源不足，社区和乡镇居民常难以得到良好的健康教育和宣教。人工智能技术可以解决患者因时间和空间限制而难以随时参与健康管理学习的问题，有效提高了患者的参与率，比如利用智能机器人相关的人工智能、虚拟现实技术、云计算和大数据分析等技术，可以向社区居民传播与疾病相关的最新知识和健康教育，帮助他们更好地理解和管理自身健康状况，改变不良生活习惯[23]。人工智能技术与家庭医生双签约模式可提升社区高血压病人的自我管理水平，同时也使就诊率、血压达标率及依从性提升[24]。有研究指出自我管理支持被证明是最有效的慢性病管理方法[25]，表明通过提升患者自我管理支持水平对于缓解基层医疗压力是非常有帮助的。

### 3.2 远程医疗支持

目前超声诊断在医学诊断中扮演着不可或缺的角色，然而基层医院有限的超声诊断资源常难以满足患者需求。为解决这一问题，远程超声技术被引入并广泛应用于临床，该技术能够实现专家资源下沉，为基层患者提供更优质的服务，具有极高的临床应用价值[26]。智能机器人能够成为远程医疗的工具，医生可以通过远程操作机器人进行远程诊断和治疗，从而为社区居民提供高质量的医疗服务。有研究通过承载 5G 传输技术的智能机器人使用远程超声技术对患者进行病情评估，其诊断结果经验证与 CT 扫描结果完全相符[27]。

### 3.3 社交支持与心理疏导

我国社区基层慢性病管理，特别是心理健康方面的管理存在不足之处，基层护理人员对心理健康问题的认知和培训相对不足，缺乏专业知识和技能，难以有效应对患者的心理健康诉求。智能机器人可以提供 24 h/7 d 的服务，随时随地为患者提供心理支持服务，舒缓患者的焦虑、压力等不良情绪。研究显示采用海豹型机器人 PARO 进行干预可以改善痴呆症和慢性疼痛患者心理状态[28]，社交支持和心理疏导可以帮助慢性病患者缓解负面情绪、增加治疗依从性，提高生活质量[29-30]。智能机器人可以实时分析患者的生理数据，记录患者的情绪，并与患者进行交流和互动，为其提供情绪支持和心理辅导，以减轻因疾病引起的精神压力和孤独感，同时改善患者的生活质量和提高治疗效果[31-32]。例如，日本产业技术综合研究所开发了 Paro 陪护机器人，它能够帮助老年人减少孤独感并提升社交能力；日本电气股份有限公司推出了 PaPeRo 机器人，它具备先进的面部识别功能，能够通知用户接收即时信息，并且可以发送视频消息、表演跳舞、玩游戏以及遥控其他电子设备[33-34]。上述产品都配备了先进的语音处理识别系统，可以准确理解和解析多种方言，能够使患者与机器人无障碍地进行沟通。

### 3.4 日常看护辅助

随着我国人口老龄化程度的加深，基层护理人员的供需问题逐渐显露，智能护理机器人迎来了迅猛发展，其能够提供日常看护辅助，有效减轻我国基层人员的工作负担[35]。日常看护是长期患有慢性疾病并且日常生活能力受限的人所必需的。目前，康复机器人的研究和应用主要针对因脑血管疾病[36]、脊髓损伤[37]等引起的神经损伤患者，并帮助他们恢复长期遗留的后遗症。通过及时有效的康复训练，患者可以在恢复的最佳时期尽可能地使肢体功能得到最大程度的恢复，以保证日常行为能力能不受或尽可能少受影响。

### 3.5 数据分析和预测

将智能机器人应用于社区健康调查，可以了解居民当前的健康需求和所存在的问题。此外，通过对数据进行分析和预测，能尽可能降低慢性病的患病率，减少疾病危险因素，预测疾病发生风险，帮助社区更好应对疾病爆发。人工智能机器人能够从微观层面分析和挖掘大量患者数据，发现相关规律和趋势，助力基层医生更好地管理和预防患者策略，但同时也可能引发数据隐私泄露等安全性问题。通过对患者的患病风险进行预测，可



以增加患者对疾病的认知，提升医疗诊治和随访的效果[38]。研究表明，应用人工智能进行疾病风险预测可以有效提升疾病的预测和诊断准确性，促进患者生活质量的改善[39-40]。

### 3.6 诊断辅助

智能机器人能够参与基础的健康筛查和初步诊断，包括测量生命体征以及执行基本的眼科、耳鼻喉等检查，有助于及早发现潜在的健康问题。北京市丰台区方庄社区卫生服务中心借助人工智能辅助决策支持系统与家庭医生签约，不仅规范了诊疗流程，还提升了医生的技术水平[41]。在早期诊断某些疾病时，借助智能机器人进行辅助诊断可以提供较高的诊断价值。某些慢性病的早期症状往往不具有典型性，容易出现漏诊或误判的情况[42-43]。智能机器人可通过先进的算法和模型分析患者的生理指标、基因组数据等信息，为医生提供早期诊断线索和预测，尽可能降低疾病延误诊断风险，降低患者死亡风险[44]，尽早发现潜在的健康问题并制定更早、更有效的治疗方案，以提高患者的生存时长，这将对医生诊断疾病大有裨益。

智能机器人在远程操作手术[45]、远程急救[46]和远程护理[47]方面也都起到了重要作用。经过多次反复训练和对大量数据集的学习，人工智能机器人在某些复杂慢性病病因评估方面展现出了更高的性能，能够弥补临床医生诊断的局限性。BUFFOLO[48]等在大样本回顾性研究中发现，通过使用临床评分系统和机器学习，可以有效预测高血压中的原发性醛固酮增多症（PA）患者，从而减少了至少 32.7% 的筛查工作量，并降低了医疗资源的不必要消耗。贾伟平[49]开发的 DeepDR 系统可以检测和识别微血管瘤和小出血点，从而能够准确检测出糖尿病患者眼底病变的微小变化，及时发现轻度早期糖尿病征兆，为疾病的早期干预提供有力的技术保障。

### 3.7 危险因素干预

智能机器人可以通过多种途径参与危险因素干预，包括改变个体的生活行为方式、居住环境或相关社会因素，以降低患病风险或改善患者健康状况。机器人系统可以收集患者的生活习惯、健康数据等信息，并根据分析结果给出针对患者的具体治疗建议和相应干预措施，以减少相关的致病风险[50]。智能机器人还能为患者提供个性化的饮食计划、有规律的运动次数以及按时用药的指导等服务。

### 3.8 个性化健康管理

武汉市东西湖区卫生健康委员会通过“智医助理”平台，定期向社区医生发布健康管理任务，智能提醒医务人员完成对居民日常慢性病的管理服务[51]。这一举措不仅显著减轻了基层医务人员的日常工作压力，也提升了基层医疗机构的服务能力，有效推动了基层医疗信息化水平的提升。在 5G 时代，人工智能通过结合深度学习模型和高性能计算，能够实时监测患者的健康状况，并将数据传输到医疗设备上进行分析和评估。智能机器人可以记录患者的日常行为，包括睡眠时长、运动量和饮食记录等，利用数据分析和智能算法来提供个性化的干预措施[52]，帮助患者改善不健康的行为，促进康复和疾病管理[53]。智能机器人能够基于患者的身体状况和个人需求，为其量身定制个性化的健康管理方案。通过收集和分析患者的生理数据、日常习惯和相关病史等信息，协助患有慢性病的人更有效地管理自身的疾病[54]。相关研究表明，智能机器人能够针对个性化方案诊治的糖尿病患者自动发送提醒信息，此类功能可以有效地改善慢性病患者的生活质量，减轻医疗资源压力，推动慢性病管理智能化的发展[55-56]。例如 Next IT 公司开发的 Alme Health Coach 系统可为慢性病患者提供全方位的帮助，包括规划日常饮食、监控睡眠质量、提醒药物服用时间，甚至通过患者数据分析推导出未规律服药的原因，该系统还能构建适合高血压患者的慢性病膳食推荐系统[57]。可视化的机器人聊天架构能够满足患者对生理数据储存、日常行为远程监测和定时服药提醒的需求，同时智能机器人可以协助记录患者的医疗信息，确保数据的准确性和及时性，这对于社区医院的信息管理和卫生档案维护非常重要[58-59]。

## 4 医疗人工智能发展的挑战与展望

随着技术的进步，人工智能与医学的结合带来了新的解决传统慢性病管理问题的可能性。但智能机器人在基层慢性病管理中也面临着许多困难：

（1）智能机器不能完全替代医务人员。尽管人工智能程序可以监测生命体征并执行基本护理任务，但在医疗决策中，它们更注重追求患者治疗效益最大化，而忽略了对患者内心需求的人文关怀[60]。医护人员的人文关怀是不可或缺的。智能机器人需要准确理解用户的指令并顺利执行，与患者不断保持良好的沟通交流，以确保医患之间的沟通一致。人文关怀能力仍然是智能机器人缺乏的能力[61]。

（2）智能机器人依靠选定的大数据进行分析，但数据集的建立由研究人员选定，可能导致诊疗存在一定程度的偏差[62]。此外，当使用算法做出决策时，如果这些算法倾向于某些人或群体，可能会损害其他人或群体的利益，加剧不公平[63]。

（3）患者对智能机器人的接受程度存在差异。由于人机交互方式不够友好，很多老年患者对使用机器人持排斥态度。有学者研究 Anderson 健康行为模型后发现[64-65]，患者对于新型服务模式的接受程度受年龄、性别、地区以及对慢性病知识了解程度等因素的影响。

（4）隐私和数据安全问题也很重要。确保智能机器人存储的大量个人健康数据不受第三方攻击和滥用是一个有待深思的问题[66]。

（5）智能机器人的高昂成本也是一大问题。尽管智能机器可以在一定程度上减轻医疗资源的负担，但普及和推广会受到其高昂成本的限制，维护和更新智能机器也需要花费一定的资金[67]。为充分挖掘智能机器人在慢性病管理领域的潜能，需继续进行深入研究和探索。

（6）智能机器在医患关系中的责任界定不明确，对于由智能机器人引起的延迟诊疗和程序错误导致的误诊应该明确责任界限[68]。

未来，医疗领域将广泛应用智能机器人。它们将作为医生的助手，帮助进行诊断、监测患者健康状况，并提供个性化治疗建议。在手术和治疗过程中，它们将提供精准的支持，同时改善医患之间的沟通，提高医疗服务的效率和质量。随着技术的进步，智能机器人有望成为医学领域的重要助力，推动医疗水平的提升，更好地利用医疗资源。

## 5 小结

使用智能机器人能监测、评估和干预高风险人群，辅助慢性病患者改变生活方式，有助于减少慢性病的发病率，这为慢性病患者提供了个性化的治疗方案，也为基层慢性病管理带来了更多可能性。目前研究者对智能机器人的研发更倾向于慢性病健康管理的思路设计，而对效能评估对照实验的研究较少。我国的医疗人工智能在法律伦理、数据安全、技术瓶颈和成本控制等方面仍存在问题，这导致其应用尚未得到全面推广。为了实现智能机器人与基层慢性病管理的更好结合，需推动相关法律法规的制定，加强技术人才的培养，保护患者的数据安全及促进不同领域和学科的深度融合。

作者贡献：张璇进行文章的构思与设计，文章的可行性分析，文献/资料收集、整理，撰写论文；张飞、李铭麟进行论文的修订，英文的修订；王佳贺负责文章的质量控制及审校，对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

## 参考文献：

［1］吴多文，范华，肖晓艳．国内慢性病的现状、流行趋势及其应对策略［J］．中国临床康复，2005，9（47）：126-128. DOI：10.3321/j.issn:1673-8225.2005.47.067.

［2］国家卫生健康委疾病预防控制局．中国居民营养与慢性病状况报告（2020年）［R］北京：人民卫生出版社，2022-01-01.

［3］中华人民共和国国务院．中国防治慢性病中长期规划（2017—2025 年）［A/OL］（2017-01-22）［2017-02-14］.https：//www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/14/content_5167886.htm.

［4］中华人民共和国国务院新闻办公室．《新时代的中国国际发展合作》白皮书［R/OL］［2021-01-10］https：//www.gov.cn/zhengce/2021-01/10/content_5578617.htm.

［5］GULSHAN V，PENG L，CORAM M，et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs［J］. JAMA，2016，316（22）：2402-2410. DOI：10.1001/jama.2016.17216.

［6］POPLIN R，VARADARAJAN A V，BLUMER K，et al. Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning［J］. Nat Biomed Eng，2018，2（3）：158-164. DOI：10.1038/s41551-018-0195-0.

［7］BAPTISTA D，FERREIRA P G，ROCHA M. Deep learning for drug response prediction in cancer［J］. Brief Bioinform，2021，22（1）：360-379. DOI：10.1093/bib/bbz171.

［8］邓志东．智能机器人发展简史［J］．人工智能，2018，5（3）：6-11. DOI：10.16453/j.cnki.issn2096-5036.2018.03.001.

［9］DENG Z D. Development history of intelligent robots［J］. AI-View，2018，5（3）：6-11. DOI：10.16453/j.cnki.issn2096-5036.2018.03.001.

［10］钱海章，张强，李帅．"十四五" 规划下中国制造供给能力及发展路径思考［J］．数量经济技术经济研究，2022，39（1）：28-50. DOI：10.13653/j.cnki.jqte.2022.01.005.

［11］亿欧智库．2020 中国服务机器人产业发展研究报告解析［J］．机器人产业，2020（4）：83-100. DOI：10.19609/j.cnki.cn10-1324/tp.2020.04.016.

［12］杨梅，胡薇，江长勇．社区慢性病主动预约健康管理模式对原发性高血压病的管理效果研究［J］．中国全科医学，2019，22（24）：2944-2948. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2018.00.436.

［13］龚学军．社区慢性病管理存在的问题分析与对策［J］．中医药管理杂志，2015，23（12）：134-135. DOI：10.16690/j.cnki.1007-9203.2015.12.009.

［14］袁雪丽，孙苑潆，倪文庆，等．深圳市社区老年人高血压治疗和控制情况及其影响因素分析［J］．中国慢性病预防与控制，2020，28（9）：653-658. DOI：10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2020.09.004.

［15］刘晓迪，刘文浩，崔庆霞，等．我国慢性病领域关键问题的文献分析［J］．职业与健康，2018，34（11）：1565-1568. DOI：10.13329/j.cnki.zyyjk.2018.0472.

［16］刘春凡，陈玉荣，张婕．个体化健康教育模式在签约家庭医生团队的社区老年慢性病患者中的应用［J］．河南医学研究，2020，29（19）：3483-3486. DOI：10.3969/j.issn.1004-437X.2020.19.009.

［17］黄志杰，张雪姣，陈宝欣，等．社区医护人员对 "互联网+" 慢性病管理使用意愿的多水平线性模型研究［J］．中国全科医学，2019，22（28）：3432-3437. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2019.00.442.

［18］施建华，顾慧，钱梦岑，等．基层医疗卫生机构公共卫生服务工作量趋势变化与分析［J］．中国全科医学，2020，23（34）：4291-4297. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.480.

［19］杨柳．基层社区公共卫生服务中慢性病管理现状及对策研究［J］．智慧健康，2022，8（10）：20-22. DOI：10.19335/j.cnki.2096-1219.2022.10.007.

［20］王逸，殷安康，赵翔宇．基于互联网平台的慢性病管理研究［J］．中国农村卫生，2019，11（20）：17. DOI：10.3969/

j.issn.1674-361X.2019.20.020.
[21] 王文，王向佳，谢江，等. 人工智能在老年慢性病共存病人自我管理中的应用进展[J]. 护理研究，2022，36（5）：869-873. DOI：10.12102/j.issn.1009-6493.2022.05.020.
[22] 谷孝云，杨效军，谷张鹏. 智能语音外呼系统在公共卫生服务中的应用实践[J]. 中国卫生信息管理杂志，2023，20（2）：285-289. DOI：10.3969/j.issn.1672-5166.2023.02.020.
[23] 中华人民共和国国务院新闻办公室."健康中国2030"规划纲要[R/OL]. [2016-10-25].https://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm#：~：text=%E8%A6%81%E8%A6%86%E7%9B%96%E5%85%A8%E7%94%9F%E5%91%BD%E5%91%A8%E6%9C%9F,%E9%9D%A2%E7%BB%B4%E6%8A%A4%E4%BA%BA%E6%B0%91%E5%81%A5%E5%BA%B7%E3%80%82.
[24] 司小平，丁腊春，王译，等. AI机器人在区域智慧健康管理平台中的应用[J]. 医学信息，2021，34（8）：13-16. DOI：10.3969/j.issn.1006-1959.2021.08.004.
[25] 叶征，史玲，祝墡珠，等. 人工智能技术助力家庭医生双签约模式对社区老年高血压患者健康管理的影响[J]. 老年医学与保健，2023，29（4）：742-746. DOI：10.3969/j.issn.1008-8296.2023.04.018.
[26] REYNOLDS R，DENNIS S，HASAN I，et al. A systematic review of chronic disease management interventions in primary care[J]. BMC Fam Pract，2018，19（1）：11. DOI：10.1186/s12875-017-0692-3.
[27] 吴欢云，张钒，李国峰，等. 远程超声发展研究现状[J]. 现代医院，2022，22（6）：919-921.
[28] YU R Z，LI Y Q，PENG C Z，et al. Role of 5G-powered remote robotic ultrasound during the COVID-19 outbreak：insights from two cases[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci，2020，24（14）：7796-7800. DOI：10.26355/eurrev_202007_22283.
[29] PU L H，MOYLE W，JONES C，et al. The effect of using PARO for people living with dementia and chronic pain：a pilot randomized controlled trial[J]. J Am Med Dir Assoc，2020，21（8）：1079-1085. DOI：10.1016/j.jamda.2020.01.014.
[30] GUO Y，LIU X Y，PENG S，et al. A review of wearable and unobtrusive sensing technologies for chronic disease management[J]. Comput Biol Med，2021，129：104163. DOI：10.1016/j.compbiomed.2020.104163.
[31] BRAILLON A，GRENON Q，TAIEBI F. Chronic disease and empathy：Psychotherapy or placebotherapy?[J]. Rev Med Interne，2019，40（5）：340-341. DOI：10.1016/j.revmed.2019.01.002.
[32] ZANATTA F，GIARDINI A，PIEROBON A，et al. A systematic review on the usability of robotic and virtual reality devices in neuromotor rehabilitation：patients' and healthcare professionals' perspective[J]. BMC Health Serv Res，2022，22（1）：523. DOI：10.1186/s12913-022-07821-w.
[33] ZANATTA F，STECA P，FUNDARÒ C，et al. Biopsychosocial effects and experience of use of robotic and virtual reality devices in neuromotor rehabilitation：a study protocol[J]. PLoS One，2023，18（3）：e0282925. DOI：10.1371/journal.pone.0282925.
[34] HWANG E J，MACDONALD B A，AHN H S. End-to-end dialogue system with multi languages for hospital receptionist robot[C]//2019 16th International Conference on Ubiquitous Robots（UR）. Jeju，Korea（South）. IEEE，2019：278-283. DOI：10.1109/URAI.2019.8768694.
[35] ÖZCAN B，KOK N，WALLENBURG J，et al. Diabetologist 2.0; patients perform diabetic tests using a multilingual robot[J]. Ned Tijdschr Geneeskd，2014，158：A8451.
[36] 逯改. 智能养老护理机器人的伦理反思与建议[J]. 医学与哲学，2022，43（13）：47-51，56. DOI：10.12014/j.issn.1002-0772.2022.13.10.
[37] 毕文倩，张锴文，刘金，等. 智能机器人康复手套对脑卒中偏瘫患者手功能的疗效[J]. 中国康复，2023，38（3）：131-135. DOI：10.3870/zgkf.2023.03.001.
[38] 庞洪波，李励，王艳武. 脊髓损伤患者步行功能康复设备的应用进展[J]. 黑龙江医学，2022，46（24）：3070-3072. DOI：10.3969/j.issn.1004-5775.2022.24.038.
[39] GUPTA S，KUMAR A. Study on early accurate diagnosis and treatment of COVID-19 with smart phone tracking using bionics[J]. SECURITY Priv，2023，6（5）. DOI：10.1002/spy2.303.
[40] RAHIMIAN F，SALIMI-KHORSHIDI G，PAYBERAH A H，et al. Predicting the risk of emergency admission with machine learning：development and validation using linked electronic health records[J]. PLoS Med，2018，15（11）：e1002695. DOI：10.1371/journal.pmed.1002695.
[41] SABERI-KARIMIAN M，KHORASANCHI Z，GHAZIZADEH H，et al. Potential value and impact of data mining and machine learning in clinical diagnostics[J]. Crit Rev Clin Lab Sci，2021，58（4）：275-296. DOI：10.1080/10408363.2020.1857681.
[42] 孙乐琪. 智慧家医[N]. 北京日报，2023-10-12（12）.
[43] 杨文静，杜然然，吕章艳，等. 人工智能在疾病预测研究中可视化分析[J]. 中国公共卫生，2021，37（5）：871-874. DOI：10.11847/zgggws1128486.
[44] RAJKOMAR A，DEAN J，KOHANE I. Machine learning in medicine[J]. N Engl J Med, 2019, 380（14）：1347-1358. DOI：10.1056/nejmra1814259.
[45] 洪子强，金大成，李宏超，等. 基于内镜的人工智能辅助诊断系统在早期食管癌诊断中准确性的系统评价与Meta分析[J]. 中国胸心血管外科临床杂志，2023，30（9）：1329-1336.
[46] LACY A M，BRAVO R，OTERO-PIÑEIRO A M，et al. 5G-assisted telementored surgery[J]. Br J Surg，2019，106（12）：1576-1579. DOI：10.1002/bjs.11364.
[47] ZHAI Y K，XU X，CHEN B Z，et al. 5G-network-enabled smart ambulance：architecture，application，and evaluation[J]. IEEE Netw，2021，35（1）：190-196. DOI：10.1109/MNET.011.2000014.
[48] ZHANG Y G，CHEN G C，DU H，et al. Real-time remote health monitoring system driven by 5G MEC-IoT[J]. Electronics，2020，9（11）：1753. DOI：10.3390/electronics9111753.
[49] BUFFOLO F，BURRELLO J，BURRELLO A，et al. Clinical score and machine learning-based model to predict diagnosis of primary aldosteronism in arterial hypertension[J]. Hypertension，2021，78（5）：1595-1604. DOI：10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.17444.

[50] DAI L，WU L，LI H T，et al. A deep learning system for detecting diabetic retinopathy across the disease spectrum［J］. Nat Commun，2021，12（1）：3242. DOI：10.1038/s41467-021-23458-5.

[51] 李生，胡冬发，李森源，等. 医院智能随访管理系统设计与应用［J］. 医学信息学杂志，2017，38（4）：24-27. DOI：10.3969/j.issn.1673-6036.2017.04.006.

[52] 孙婷婷. 陆缘. 打造智慧医疗新场景 完善公卫应急体系［EB/OL］［2022-12-13］.https：//www.dxh.gov.cn/XWZX/MTBD/202212/t20221213_2114708.shtml.

[53] 丁腊春，刘朝鸣. 孕产智能问诊本体知识库研究与应用［J］. 医学信息学杂志，2018，39（1）：51-54，76. DOI：10.3969/j.issn.1673-6036.2018.01.012.

[54] KATARIA S，RAVINDRAN V. Digital health：a new dimension in rheumatology patient care［J］. Rheumatol Int，2018，38（11）：1949-1957. DOI：10.1007/s00296-018-4037-x.

[55] 葛果，周佩如，刘雪彦，等. 糖尿病后医疗管理服务平台的建设与应用［J］. 护士进修杂志，2016，31（14）：1291-1293. DOI：10.16821/j.cnki.hsjx.2016.14.013.

[56] YOM-TOV E，FERARU G，KOZDOBA M，et al. Encouraging physical activity in patients with diabetes：intervention using a reinforcement learning system［J］. J Med Internet Res，2017，19（10）：e338. DOI：10.2196/jmir.7994.

[57] CHEN R C，HUANG C Y，TING Y H，et al. A chronic disease diet recommendation system based on domain ontology and decision tree［J］. J Adv Comput Intell Intell Inform，2017，21（3）：474-482. DOI：10.20965/jaciii.2017.p0474.

[58] BEN ELHADJ H，SALLABI F，HENAIEN A，et al. Do-Care：a dynamic ontology reasoning based healthcare monitoring system［J］. Future Gener Comput Syst，2021，118：417-431. DOI：10.1016/j.future.2021.01.001.

[59] ROCA S，SANCHO J，GARCÍA J，et al. Microservice chatbot architecture for chronic patient support［J］. J Biomed Inform，2020，102：103305. DOI：10.1016/j.jbi.2019.103305.

[60] PLOUG T，HOLM S. The right to refuse diagnostics and treatment planning by artificial intelligence［J］. Med Health Care Philos，2020，23（1）：107-114. DOI：10.1007/s11019-019-09912-8.

[61] 邹文卿，吕禹含. 智能医疗能否取代希波克拉底传统［J］. 医学与哲学，2021，42（18）：25-29. DOI：10.12014/j.issn.1002-0772.2021.18.06.

[62] 王远旭，汤一鸣. 医疗人工智能伦理：问题·原因·对策［J］. 武汉冶金管理干部学院学报，2023，33（1）：25-28. DOI：10.3969/j.issn.1009-1890.2023.01.006.

[63] LYSAGHT T，LIM H Y，XAFIS V，et al. AI-assisted decision-making in healthcare：the application of an ethics framework for big data in health and research［J］. Asian Bioeth Rev，2019，11（3）：299-314. DOI：10.1007/s41649-019-00096-0.

[64] 武雨，孙松蔚，宋蕾，等. 青岛市居家失能老年人 "互联网+" 长期护理服务使用意愿的调查［J］. 中国护理管理，2021，21（8）：1152-1157. DOI：10.3969/j.issn.1672-1756.2021.08.008.

[65] 沈勤，徐越. 老年人参与"互联网+慢性病管理" 意愿影响因素分析——基于 Anderson 健康行为模型的实证研究［J］. 卫生经济研究，2020，37（1）：45-48. DOI：10.14055/j.cnki.33-1056/f.2020.01.014.

[66] 窦佐超，汪诚弘，邓杰仁，等. 生物医疗大数据隐私与安全保护的应对策略与技术［J］. 中华医学图书情报杂志，2019，28（11）：11-15. DOI：10.3969/j.issn.1671-3982.2019.11.002.

[67] 宋晓琳，尹梅. 人工智能在基层医疗卫生机构应用中的伦理问题研究［J］. 中国医学伦理学，2020，33（7）：847-851. DOI：10.12026/j.issn.1001-8565.2020.07.12.

[68] 陈安天，张新庆. 医学人工智能辅助诊疗引发的伦理责任问题探讨［J］. 中国医学伦理学，2020，33（7）：803-808. DOI：10.12026/j.issn.1001-8565.2020.07.04.


（收稿日期：2023-12-20；修回日期：2024-03-26）

（本文编辑：程圣）